



Helsingin kaupungin

ympäristökeskuksen julkaisuja

12/94

Ilmansaasteet,
iskeemiset sydänsairaudet ja
aivoverenkiertohäiriöt
Helsingissä

Antti Pönkä ja Mikko Virtanen

Helsinki 1994

Antti Pönkä ja Mikko Virtanen

Ilmansaasteet,
iskeemiset sydänsairaudet ja
aivoverenkiertohäiriöt Helsingissä

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO	2
SAMMANDRAG	4
JOHDANTO	6
AINEISTO JA MENETELMÄ	7
Ilman epäpuhtaudet	7
Sairastavuustiedot	7
Tilastolliset menetelmät	8
TULOKSET	10
Sairaalahoitajaksojen määrät	10
Ilman epäpuhtaudet ja lämpötila	10
Ilmansaasteiden ja säätekijöiden suhde sairauksiin	15
POHDINTA	18
KIRJALLISUUTTA	21

TIIVISTELMÄ

Ilmansaasteiden ja säätekijöiden vaikutusta iskeemisten sydänsairauksien ja aivoverenkiertohäiriöiden oireiden pahenemiseen tutkittiin Helsingissä vuosina 1987-1989. Sairausmittarina käytettiin iskeemisten sydänsairauksien (angina pectoris, sydäninfarkti, muut iskeemiset sydänsairaudet) tai aivoverenkiertosairauksien vuoksi sairaalaan joutuneiden määriä. Päivittäin sairaalahoitoon joutuneiden määriä verrattiin päivittäisiin rikkidioksidin, typpimonoksidin, typpidioksidin, otsonin ja leijuvan pölyn pitoisuuksiin. Erikseen tutkittiin kaikkien sairaalahoitoon edellä mainituista syistä joutuneiden määriä sekä päivystyspoliklinikan kautta hoitoon joutuneiden määriä. Yhteyksiä tutkittiin Poisson regressioanalyysillä, jossa otettiin huomioon ilman lämpötila, suhteellinen kosteus, viikonpäivävaihtelu, vuodenaikavaihtelu, pitkän aikavälin trendit ja influenssaepidemiat.

Iskeemisten sydänsairauksien hoitamiseksi käytettiin Helsingissä vuosina 1987-1989 12 664 hoitojaksoa ja aivoverenkiertohäiriöitä sairastavien hoitamiseksi 7 232 hoitojaksoa. Kaikkien iskeemisten sydänsairauksien vuoksi hoitoon joutuneiden määrä oli tilastollisesti merkitsevällä tasolla riippuvainen ilman epäpuhtauksista siten, että sairaalahoitoon joutuneiden määrät lisääntyivät epäpuhtauksien lisääntyessä. Vuorokauden kuluttua suurista typpimonoksidi- ja otsonipitoisuuksista riski joutua sairaalaan oli 1.10-kertainen pitoisuuksien 2.7-kertaista nousua kohti. Riski joutua päivystyspoliklinikan kautta iskeemisten sydänsairauksien johdosta hoitoon (N= 7 005) oli selvemmin yhteydessä edellisen päivän typpioksidin- ja otsonipitoisuuksiin (1.14-1.13-kertainen). Otsonipitoisuuden ollessa korkea sairaalahoidon riski oli samana päivänä pienempi. Aivoverenkiertosairauksien vuoksi päivystyksenä sairaalaan joutuneiden määrät (N= 3 737) olivat merkitsevässä yhteydessä typpidioksidipitoisuuksiin kuuden päivän viiveellä suhteellisen riskin ollessa 1.18-kertainen typpidioksidipitoisuuden 2.7-kertaista nousua kohti.

Tarkasteltaessa sairauksia diagnoosittain saasteiden vaikutus voitiin todeta angina pectoriksen ja pitkään kestäneen sydänlihaksen iskemian (pitkittynyt tai epästabili angina pectoris, sydänpysähdys) vuoksi sairaalaan joutuneilla. Angina pectorista sairastavilla potilailla oireiden huippu todettiin kuuden päivän viiveellä korkeista NO_2 -pitoisuuksista. Tällöin suhteellinen riski joutua angina pectoriksen vuoksi sairaalaan oli 1.26-kertainen 2.7-kertaista NO_2 -pitoisuuden nousua kohti. Pitkittyneen angina pectoriksen vuoksi sairaalaan joutuneiden määrä oli yhteydessä ilman leijuvien hiukkasten määrään kolmen päivän viiveellä siten, että suhteellinen riski joutua sairaalaan oli 1.20-kertainen.

Ilman saastemittauksista vastasi Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Mitatut typpidioksidin pitkäaikaiset keskiarvopitoisuudet ja vuorokausipitoisuuksien maksimi-arvot olivat 39 ja 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mitkä alittavat yleisesti eri maissa asetetut ohje-arvot. Pölypitoisuuden vuosikeskiarvo oli 76 ja vuorokausimaksimi 414 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mitkä arvot ylittävät valtioneuvoston päätöksen mukaiset enimmäisohje-arvot. Otsonin lyhytaikaispitoisuudet alittivat Maailman terveysjärjestön asettaman enimmäisohje-arvon. Rikkidioksidin ohje-arvot eivät ylittäneet Maailman terveysjärjestön asettamia ohje-arvoja; typpidioksidilla ylitys todettiin yhtenä päivänä.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että matalatkin saastepitoisuudet voivat lisätä iskeemisten sydänsairauksien ja aivoverenkiertosairauksien oireita, jopa pitoisuuksissa, jotka alittavat Maailman terveysjärjestön antamat sekä Suomessa nykyisin voimassa olevat ohje-arvot. Tämän perusteella arvioituna vireillä oleva ohje-arvojen tiukentaminen on perusteltua. Samoin saastepäästöjä tulisi edelleen pyrkiä vähentämään, mikä koskee tämän tutkimuksen perusteella etenkin typenoksideita, jotka ovat hengityskorkeudella lähinnä liikenteestä peräisin. Energiantuotannon päästöjä kuvaavien rikkidioksidipitoisuuksien ei havaittu olevan yhteydessä oireiden lisääntymiseen.

SAMMANDRAG

Vid Helsingfors miljöcentral utreddes åren 1987-1989 i vilken mån föroreningarna i utomhusluften, lufttemperaturen och luftfuktigheten framkallar symtom på iskemiska hjärtsjukdomar och cerebrovaskulära sjukdomar. Som sjukdomsindikator användes det antal vårdtillfällen på avdelning som huvudsakligen berodde på iskemiska hjärtsjukdomar (angina pectoris, akut hjärtinfarkt och övriga iskemiska hjärtsjukdomar) och cerebrovaskulära sjukdomar. Som separatgrupp studerades de som via akutmottagningarna intagits för vård. Undersökningsmaterialet bestod av samtliga vid Helsingfors stads sjukhus och Helsingfors universitetscentralsjukhus under nämnda tid vårdade patienter. Antalet vårdtillfällen som berodde på iskemiska hjärtsjukdomar uppgick till sammanlagt 12 664 och de som berodde på cerebrovaskulära sjukdomar till 7 232.

Antalet patienter som en viss dag togs in på sjukhus jämfördes med samma dygns luftförorenings- och vädervariabler, dvs. medelhalterna av svaveldioxid, kväveoxid, kvävedioxid, damm och ozon, medeltemperaturen och den genomsnittliga luftfuktigheten. Svaveldioxid-, kvävedioxid- och dammhalterna räknades som medelvärde för de olika mätstationerna. För mätningarna svarade Huvudstadsregionens samarbetsdelegation.

Luftföroreningarna konstaterades påverka det totala antalet patienter som togs in på sjukhus p.g.a. iskemiska hjärtsjukdomar, men inte det totala antalet som togs in för cerebrovaskulära sjukdomar. Höga kväveoxid- och ozonhalter följdes av en ökning i det antal personer som följande dag blev intagna på sjukhus. Samma fenomen konstaterades bland patienter som togs in via akutmottagningarna p.g.a. iskemiska hjärtsjukdomarna (N= 7 005) (kväveoxid: den relativa risken 1,14 då halten steg till det 2,7-faldiga; ozon: den relativa risken 1,13). Effekter av kvävedioxid på antal patienter som tagits in via akutmottagningarna p.g.a. cerebrovaskulära sjukdomar (N= 3 737) konstaterades på statistiskt signifikant nivå först efter 6 dygn efter uppmätta höga värden (den relativa risken 1,18).

Diagnostiskt konstaterades samband mellan höga värden av kvävedioxid och antal

patienter intagna p.g.a. angina pectoris med 6 dygns intervall (den relativa risken 1.26). Ett likadant samband konstaterades mellan höga partikelvärden och antal patienter intagna p.g.a. övriga akuta och subakuta iskemiska hjärtsjukdomar. Mellan hjärtinfarkt och luftföroreningar förekom inget samband.

Svaveldioxidhalter och den relativa fuktigheten och temperaturen kunde inte heller sättas i samband med ett ökat antal intagna.

Den nu utförda undersökningen gav vid handen att symtomen på iskemiska hjärtsjukdomar och cerebrovaskulära sjukdomar ökade vid lägre luftföroreningshalter än vad man tidigare antagit. De uppmätta långtidsmedelvärdena och dygnsmaximivärdena för luftföroreningar var relativt låga, för svaveldioxid 19 och 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och för kvävedioxid 39 och 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dessa underskrider de riktvärden som allmänt gäller i olika länder. Årsmedelvärdet för dammhalten uppgick till 76 och dygnsmaximivärdet till 414 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket överskrider de i statsrådets beslut angivna maximiriktvärdena. Korttidsvärdena för svaveldioxid överskred inte de av Världshälsoorganisationen satta riktvärdena; för kvävedioxidens vidkommande överskreds riktvärdena under en enda dag.

Kvävedioxidhalterna kan anses reflektera utsläppen från trafiken och svaveldioxidhalterna utsläppen från energiproduktionen. Resultaten av den här undersökningen indikerar att speciellt kvävedioxidhalterna borde fås att minska i Helsingfors.

JOHDANTO

Yhdyskuntailman saasteiden tiedetään lisäävän hengitystieinfektioiden oireita sekä kroonisten keuhkosairauksien, kuten astman ja kroonisen keuhkoputkentulehduksen oireita. Nämä vaikutukset on voitu todeta myös Helsingissä tehdyissä tutkimuksissa (1,2,3,4). Vähemmän tunnettua on, että ilmansaasteet voivat lisätä myös kuolemanriskiä sekä hengitystiesairauksiin että iskeemisiin sydänsairauksiin ja aivoverenkiertohäiriöihin. Kuolleisuuden lisääntymisen on katsottu liittyvän korkeisiin saastepitoisuuksiin, joista klassinen esimerkki on vuoden 1952 Lontoon savusumuepidemia (5,6) ja jo tätä aiemmin vuoden 1930 Meuse-joen laakson savusumuepidemia Belgiassa. Myös myöhemmät, vähäisemmät savusumuepidemiat Lontoossa 1950- ja 1960-luvuilla aiheuttivat kuolleisuuden lisääntymistä samoin kuin Saksassa Ruhrin alueella vuosien 1962 ja 1985 savusumuepidemiat (7,8). Viimeaikaiset tutkimukset Yhdysvalloista ja Ateenasta ovat kuitenkin osoittaneet, että myös suhteellisen matalat saastepitoisuudet voivat lisätä kuolemanriskiä hengitystie-elinten, sydämen ja aivoverenkierron sairauksiin (6,9,10,11,12,13,14). Tämä havainto on merkittävä, koska korkeat saastepitoisuudet ovat nykyään harvinaisia, mutta sen sijaan erittäin suuri joukko ihmisiä eri puolilla maailmaa altistuu matalille tai kohtalaisille ilmansaastepitoisuuksille. Tällöin vähäinenkin suhteellisen kuolemanriskin lisääntyminen johtaa merkittäviin vaikutuksiin.

Vaikka ilmansaasteiden kuolleisuutta lisäävä vaikutus tunnetaan melko hyvin, matalien saastepitoisuuksien vaikutusta sydän- ja verisuonisairauksien oireiden pahenemiseen ei ole juuri lainkaan tutkittu. Tästä syystä tarkoituksena on ollut tutkia Helsingissä longitudinaalisesti, voivatko täällä todetut ilmansaastepitoisuudet lisätä näiden tautien oireiden pahenemista siinä määrin, että se näkyy sairaalaan joutuneiden lukumäärissä. Tutkimuksemme käsittelee päivittäin sairaalahoitoon joutuneiden määriä verrattuna rikkidioksidin, typpimonoksidin, typpidioksidin, otsonin ja leijuvien hiukkasten vuorokausipitoisuuksiin, lämpötilaan ja suhteelliseen kosteuteen.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Ilman epäpuhtaudet

Tiedot epäpuhtauspitoisuuksista perustuvat Pääkaupunkiseudun Yhteistyövaltuuskunnan mittauksiin. Rikkidioksidia mitattiin viidellä automaattisella mittausasemalla kulometrisellä tekniikalla (Töölö, Kontula, Pakila, Vallila, Punavuori) ja typen oksideja kahdella asemalla (Töölö, Vallila) kemiluminenssimenetelmällä. Otsonimittauksia tehtiin yhdellä asemalla (Töölö). Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin Kalliossa. Leijuvien hiukkasten määrää mitattiin suurtehokeräimillä kerättyinä kuudessa mittauspisteessä (Kaisaniemi, Vallila, Pakila, Kyläsaari, Erottaja, Kontula).

Vuonna 1987 typen oksidien päästöt Helsingissä olivat 18 100 tonnia, josta liikenteen osuus oli 31 %, energiantuotannon 65 % ja teollisuuden 4 %. Rikkidioksidipäästöjen määrä oli 23 300 tonnia, josta energiantuotannon osuus oli 90 %, teollisuuden 8 % ja liikenteen 2 %. Pienhiukkaspäästöjen määrä oli 2 700 tonnia, josta energiantuotannon osuus oli 73 %, liikenteen 23 % ja teollisuuden 4 %. Päästölähteet ja päästökorkeus huomioon ottaen typpidioksidia voidaan pitää liikennepäästöjen indikaattorina ja rikkidioksidia energiantuotannon päästöjen indikaattorina. Liikennepäästöjen osuus typpidioksidipitoisuudesta kaduilla hengityskorkeudella on Helsingissä 60-80 % (15).

Sairastavuustiedot

Sairastavuustiedot saatiin sairaaloiden tekemistä poistoilmoituksista, joista käy ilmi hoitajaksojen lukumäärä, sairaalahoidon syyt sekä hoidon ajankohta. Tiedot kerättiin vuodehoitajaksoista Helsingin yliopistollisesta keskussairaalaista ja Helsingin kaupungin sairaaloista vuosilta 1987-1989. Tarkasteluun otettiin ainoastaan ne hoitajaksot, joissa hoidon pääasiallinen syy oli sydän- tai verisuonisairaus. Erikseen tarkasteltiin niitä potilaita, jotka otettiin hoitoon päivystyspoliklinikan kautta.

Tutkimukseen otettiin potilaat, joiden päädiagnoosina oli iskeeminen sydänsairaus

(kansainvälisen tautiluokituksen, ICD-9:n, mukaiset diagnoosikoodit 410-414), aivoverenkiertosairaudet (diagnoosikoodit 430-438) ja kontrolliryhmäksi umpilisäkkeen tulehdusta sairastavat (diagnoosikoodit 540-543). Iskeemistä sydänsairautta sairastavista tarkasteltiin erikseen akuutin sydäninfarktin (410), muun akuutin ja subakuutin iskeemisen sydänsairauden (411) ja angina pectoriksen (413) vuoksi hoidettuja. Aivoverenkiertohäiriöistä tarkasteltiin erikseen aivoihin verta vievien valtimoiden tukoksen tai ahtauman (433), aivoverisuonitukoksen tai ahtauman (434) sekä ohimenevän aivoverenkiertohäiriön (435) vuoksi sairaalassa hoidettuja.

Helsingissä käytännöllisesti katsoen kaikki poliklinikkatasoista ja vuodeosastotasosta hoitoa mainittujen sairauksien vuoksi tarvitsevat potilaat hoidetaan edellä mainituissa sairaaloissa.

Tilastolliset menetelmät

Analyttiset menetelmät ja mallitus

Sairaalahoitoon joutuneiden potilaiden määrä päivää kohti on pieni eikä jakautuma noudata normaalijakautumaa. Tästä syystä analyysissä käytettiin Poisson regressiota. Poisson regressiolla etsittiin mallit, jotka selittivät mahdollisimman hyvin sairastuvuusvaihtelun. Tämän jälkeen tarkistettiin, etteivät muut selittäjät (sää- tai saastemuuttajat) selittäneet tilastollisesti merkitsevästi vaihtelua sairastavuudessa.

Koska jokaiselta tutkimusjakson päivältä ei oltu mitattu selittäviä suureita, nämä arvioitiin käyttäen standardia regressiomenetelmää. Siinä kutakin saastemuuttujaa pidetään vuorollaan selitettävänä muuttujana ja puuttuvan arvon estimaatit saadaan tämän mallin ennusteista. Menetelmä ottaa huomioon aikamuuttujat ja muut saastemuuttujat. Koska mallissa on mukana eri aikamuuttujat, vastaavat estimaatit hyvin läheisesti viikottaisia, kuukausittaisia ja vuosittaisia keskiarvoja.

Selittävinä tekijöinä mallissa käytettiin typpimonoksidin, typpidioksidin, rikkidioksidin, otsonin ja pölyn pitoisuuksia, sekä muina selittävinä tekijöinä

lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta. Selittävät tekijät laskettiin vuorokausikeskiarvoina. Lämpötila ja suhteellinen kosteus ilmoitettiin logaritmoimatta ja saastemuuttujat logaritmoituina. Näin pyrittiin saamaan selittävässä tekijöissä mahdollisimman normaaliset jakautumat puuttuvien arvojen laskemista varten.

Aikajakautumat ja ikäryhmät

Sairaalaan joutuneiden määrä vaihtelee pidemmissä sykleissä vuodenaikojen mukaan sekä lyhyemmissä eri viikonpäivinä. Viikonloppuisin sairaalaan joutuneiden määrä oli pienempi kuin arkisin ja maanantaina oli todettavissa lukumäärän nousu, joka suurelta osin selittyy viikonloppuna sairastuneiden viivyttelyllä sairaalaan hakeutumisessa. Tämä päivittäinen vaihtelu otettiin huomioon analyyseissä.

Sairaalaan joutuneiden määriä verrattiin saman päivän sää- ja saastetekijöihin sekä erikseen 1-7 vuorokauden viiveillä mahdollisen viivästyneen vaikutuksen havaitsemiseksi.

Vuodenaikavaihtelu otettiin huomioon käyttäen jakoa kesään, syksyyn, talveen ja kevääseen ja käyttäen dummymuuttujia. Tällöin talvea käytettiin vertailukohteena.

Sairauksien ja epäpuhtausparametrien aikarakenteen löytyminen varmistettiin laskemalla lopullisen mallin residuaalien autokorrelaatiot.

Koska mainittuja sairauksia sairastavat ovat yleensä iäkkäitä, analyysiin otettiin ikäjaottelu kahteen ryhmään: 65 vuotta täyttäneet ja toisaalta tätä nuoremmat.

Koska Helsingin väkiluku ja väestön ikäjakautuma säilyivät kolmen tutkimusvuoden aikana olennaisesti vakioina, laskelmien pohjana käytettiin sairaustapauksien lukumääriä ja ikäinsidenssejä. Vuonna 1987 Helsingin väkiluku oli 488 604, vuonna 1988 491 148 ja vuonna 1989 491 777.

TULOKSET

Sairaalahoitojaksojen määrät

Kaikkiaan Helsingin sairaaloissa oli kolmen vuoden tutkimusjakson aikana 12 664 sairaalahoitojaksoa iskeemisten sydänsairauksien johdosta ja 7 232 jaksoa aivoverenkiertosairauksien johdosta. Sairaalahoitojaksojen lukumäärät diagnooseittain on esitetty taulukossa 1. Runsaat puolet potilaista otettiin sairaalaan päivystyspoliklinikan kautta, sydänsairauksien osalta 55 % (N= 7 005) ja aivoverenkiertosairauksien osalta 52 % (N= 3 737).

Ilman epäpuhtaudet ja lämpötila

Kolmen vuoden aikana ilman rikkidioksidin keskiarvopitoisuus oli 19,2 ug/m³. Vuonna 1987 pitoisuus oli keskimäärin 21,6 ug/m³, seuraavana vuonna 21,2 ug/m³ ja vuonna 1989 14,8 ug/m³ (taulukot 2 ja 3). Typpidioksidin kolmen vuoden keskiarvopitoisuus oli 38,6 ug/m³ ja eri vuosina 44,2, 36,0 ja 35,7 ug/m³. Pölyn kolmen vuoden keskiarvopitoisuus oli 76,3 ug/m³, ja eri vuosina 74,0, 81,6 ja 73,2 ug/m³.

Otsonin keskiarvopitoisuus oli 22,0 ug/m³. Suurin 8 tunnin arvo oli 78 ug/m³ aamuyhdeksästä laskettuna ja suurin tuntiarvo 133 ug/m³. Keskilämpötila oli 4,7° C ja keskimääräinen ilman suhteellinen kosteus 82,9 %.

Taulukossa 3 on esitetty ilman epäpuhtauksien arvojen jakautuma kvartiileittain sekä 98 % persentiili. Neljäsosana kaikista mittauspäivistä rikkidioksidipitoisuus ylitti 23,6 ug/m³, typpidioksidipitoisuus 46,7 ug/m³ ja pölypitoisuus 94,4 ug/m³.

Taulukossa 4 on esitetty ilman epäpuhtauksien, lämpötilojen, suhteellisen kosteuden ja tuulen nopeuden keskiarvot eri vuosina.

Taulukko 1. Sairaalahoitajaksojen määrät diagnooseittain 1987-1989.
 Tabell 1. Antal sjukhusvårdperioder 1987-1989.

Diagnoosi/ sairaalaanottotapa Diagnos	N	N/vrk N/dygn	Raja-arvot/vrk Gränsvärden/dygn
Iskeemiset sydänsairaudet Iskemiska hjärnsjukdomar (ICD 9 410-414)			
- kaikki jaksot			
yhteensä	12664	11.6	1-28
alle 65 vu	4006	3.7	0-14
yli 64 vu	8658	8.0	0-20
- päivystyspoliklinikan kautta tulleet			
yhteensä	7005	6.4	0-19
alle 65 vu	1910	1.8	0-9
yli 64 vu	5095	4.7	0-15
Akuutti sydäninfarkti Akut hjärtinfarkt (ICD 410)			
- kaikki jaksot			
yhteensä	4501	4.1	0-12
alle 65 vu	1205	1.1	0-6
yli 64 vu	3296	3.0	0-10
- päivystyspoliklinikan kautta tulleet			
yhteensä	2677	2.5	0-9
alle 65 vu	700	0.6	0-5
yli 64 vu	1977	1.8	0-8
Pitkittänyt ja epästabili angina pectoris Utdragen och instabil angina pectoris (ICD 9 411)			
- kaikki jaksot			
yhteensä	1670	1.5	0-7
alle 65 vu	537	0.5	0-6
yli 64 vu	1133	1.0	0-5
- päivystyspoliklinikan kautta tulleet			
yhteensä	1062	1.0	0-6
alle 65	352	0.3	0-5
yli 64 vu	710	0.7	0-5

Angina pectoris

(ICD 9 413)

- kaikki jaksot

yhteensä	2134	2.0	0-12
alle 65 vu	962	0.9	0-6
yli 64 vu	1172	1.1	0-11

- päivystyspoliklinikan

kautta tulleet

yhteensä	1087	1.0	0-6
alle 65 vu	375	0.3	0-4
yli 64 vu	712	0.7	0-5

Aivoverenkiertosaireudet

Cerebrovaskulära sjukdomar

(ICD 9 430-438)

- kaikki jaksot

yhteensä	7232	6.6	0-18
alle 65 vu	1811	1.6	0-
yli 64 vu	5421	5.0	0-14

- päivystyspoliklinikan

kautta tulleet

yhteensä	3737	3.4	0-11
alle 65 vu	856	0.8	0-5
yli 64 vu	2881	2.7	0-11

Aivoihin verta vievien valti-

moiden tukos tai ahtauma

Ocklusion eller stenosis av pre-

cerebrala artärer

(ICD 433)

- kaikki jaksot

yhteensä	254	0.2	0-3
alle 65 vu	89	0.1	0-2
yli 64 vu	165	0.2	0-2

- päivystyspoliklinikan

kautta tulleet

yhteensä	97	0.1	0-2
alle 65 vu	16	0.0	0-2
yli 64 vu	81	0.1	0-2

Aivoverisuonten tukos ja ahtauma

Ocklusion och stenosis i cerebral

artär (ICD 434)

- kaikki jaksot

yhteensä	2521	2.3	0-8
alle 65 vu	574	0.5	0-4
yli 64 vu	1947	1.8	0-8

- päivystyspoliklinikan

kautta tulleet

yhteensä	1230	1.1	0-5
alle 65 vu	218	0.2	0-4
yli 64 vu	1012	0.9	0-5

Ohimenevä aivoverenkierron häiriö

Övergående störning i hjärncircu-

lationen (ICD 9 435)			
- kaikki jaksot			
yhteensä	976	0.9	0-5
alle 65 vu	223	0.2	0-3
yli 64 vu	753	0.7	0-4
- päivystyspoliklinikan kautta tulleet			
yhteensä	563	0.5	0-4
alle 65 vu	102	0.1	0-3
yli 64 vu	461	0.4	0-3
Umpilisäkkeen tulehdus Appendicitis (ICD 9 540-543)	2280	2.1	0-9

Taulukko 2. Ilman epäpuhtauksien ja säämuuttujien vuorokausikeskiarvojen keskiluvut Helsingissä 1987 - 1989

Tabell 2. Genomsnitten för luftföroreningarnas och vädervariablernas dygnsmedelvärden i Helsingfors 1987 - 1989

	Keskiarvo Medelvärde	Keskihajonta Standard- avvikelse	Maksimi Maximi- värde
Rikkidioksidi (ug/m ³)	19.2	12.6	95
Svaveldioxid			
Typpidioksidi (ug/m ³)	38.6	16.3	170
Kvävedioxid			
Otsoni (ug/m ³)	22.0	13.1	90
Ozon			
Pöly (ug/m ³)	76.3	51.6	414
Partiklar			
Keskilämpötila (°C)	+4.7	9.2	+26
Medeltemperatur			
Suhteellinen kosteus (%)	82.9	12.0	100
Relativt luftfuktighet			

Taulukko 3. Ilman epäpuhtauksien vuorokausikeskiarvopitoisuudet vuosina 1987-1989 kvartiileittain ja 98% persentiili.

Tabell 3. Luftföroreningshalterna åren 1987 - 1989 per kvartiler och 98 % percentil.

	25 %	50 %	75 %	98 %
Rikkidioksidi	1.0	16.6	23.6	58.1
Svaveldioxid				
Typpidioksidi	27.8	36.3	46.7	83.2
Kvävedioxid				
Otsoni	12.2	22.6	30.0	53.6
Ozon				
Pöly	42.1	65.6	94.4	237.7
Partiklar				

Taulukko 4. Ilman epäpuhtauksien ja säämuuttujien vuorokausikeskiarvot Helsingissä vuosina 1987 - 1989.

Tabell 4. Dygnsmedelvärdena för luftföroreningar och vädervariabler i Helsingfors åren 1987-1989.

	1987	1988	1989
Rikkidioksidi (ug/m ³)	21.6	21.2	14.8
Svaveldioxid			
Typpidioksidi (ug/m ³)	44.2	36.0	35.7
Kvävedioxid			
Otsoni (ug/m ³)	23.1	26.2	17.1
Ozon			
Pöly (ug/m ³)	74.0	81.6	73.2
Partiklar			
Keskilämpötila (°C)	+3.2	+4.8	+6.1
Medeltemperatur			
Suhteellinen kosteus (%)	87.5	82.7	80.8
Relativ luftfuktighet			

Ilmansaasteiden ja säätekijöiden suhde sairauksiin

Poisson regressioanalyysissä voitiin todeta, että kaikkien iskeemisten sydänsairauksien johdosta aiheutuneiden sairaalahoitajaksojen määrä oli tilastollisesti merkitsevästi ($P=0.005$) yhteydessä ilmansaasteisiin käytettäessä mallia, jossa olivat kaikki tutkitut saasteet. Kaikkien hoitoon joutuneiden määrä lisääntyi merkitsevästi yhden vuorokauden viiveellä korkeista typpimonoksidi- ja otsonipitoisuuksista. Suhteellinen riski joutua sairaalaan lisääntyi 1.10-kertaiseksi, kun typpimonoksidi- tai otsonipitoisuus nousi 2.7-kertaiseksi (NO: RR 1.10, 95% CI 1.05-1.15, $P=0.000$; O_3 : RR 1.10, 95% CI 1.03-1.18, $P=0.003$) (Taulukko 5). Toisaalta samana päivänä kun otsonipitoisuus oli korkea, sairaalaan joutumisen riski oli pieni (RR 0.93, 95% CI 0.88-0.98, $P=0.008$).

Päivystyspoliklinikan kautta iskeemisten sydänsairauden johdosta hoitoon joutuneiden määrä oli merkitsevässä yhteydessä korkeisiin typpimonoksidi- ja otsonipitoisuuteen yhden päivän viiveellä. Suhteellinen riski joutua sairaalaan päivystyspoliklinikan kautta lisääntyi 1.14 kertaiseksi eli 14%, kun typpimonoksidin pitoisuus lisääntyi 2.7-kertaiseksi (RR 1.14, 95% CI 1.06-1.23 $P=0.000$). Vastaavasti otsonin pitoisuuden lisääntyminen 2.7-kertaiseksi lisäsi suhteellista riskiä 1.13-kertaiseksi (RR 1.13, 95% CI 1.03-1.24, $P=0.004$). Suhteellinen riski on laskettu 2.7-kertaista pitoisuuksien lisääntymistä kohti johtuen siitä, että saastepitoisuuksien arvioinnissa on käytetty logaritmista asteikkoa. Mikäli typpimonoksidi poistettiin regressiomallista, iskeemisten sydänsairauksien ja typpidioksidin välinen yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kaikkien aivoverenkiertohäiriöiden johdosta aiheutuneiden sairaalakäyntien määrä ei ollut tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä ilmansaasteisiin. Sen sijaan päivystyspoliklinikan kautta hoitoon joutuneiden määrä oli riippuvainen saman päivän typpimonoksidipitoisuudesta (RR 1.12, 95% CI 1.03-1.22, $P=0.007$) ja typpidioksidipitoisuudesta kahden päivän viiveellä (RR 1.28, 95% CI 1.10-1.49, $P=0.001$) ja typpidioksidipitoisuudesta uudelleen kuuden päivän viiveellä (R 1.17, 95 % CI 1.00-1.37, $P=0.046$).

Taulukko 5. Poissonregressioanalyysin tulokset. Vain tilastollisesti merkitsevät havainnot on esitetty.
 Tabell 5. Resultat av Poisson regression analys.

Diagnoosi ja potilas-ryhmä	Saaste	Viive	Estimaatti	P
Diagnos	Luftförorening	Uppskov	Estimat	
Kaikki iskeemiset sydän-sairaudet, kaikki potilaat (ICD 410-414)	NO	1	0.097	0.000
	O ₃	0	-0.074	0.007
	O ₃	1	0.097	0.003
Kaikki iskeemiset sydän-sairaudet, päivystyspotilaat (ICD 410-414)	NO	1	0.111	0.000
	O ₃	0	-0.145	0.004
	O ₃	1	0.130	0.000
Pitkittynyt angina pectoris (ICD 411), kaikki potilaat	TSP	3	0.182	0.008
Angina pectoris, päivystyspotilaat (ICD 413)	NO ₂	6	0.234	0.034
Aivoverenkiertosairaudet, päivystyspotilaat (ICD 430-438)	NO ₂	6	0.162	0.008

Typpimonoksidin ja typpidioksidin aiheuttamat suhteelliset riskit sairaalahoitoisuuteen olivat erikoisesti samoina päivinä vastakkaiset siten, että kun typpimonoksidiin liittyvä riski lisääntyi, typpidioksidein liittyvä riski laski. Mikäli typpimonoksidi poistettiin regressiomallista, sairaalaan joutumisen riski oli silti tilastollisesti merkitsevästi riippuvainen typpidioksidin määrästä kuuden päivän viiveellä (RR 1.18, 95 % CI 1.04-1.33, P=0.008).

Kun sairaalahoitajaksoja jaettiin kahteen ryhmään potilaan iän perusteella siten, että erikseen tutkittiin 65 vuotta täyttäneitä ja sitä nuorempia, havaittiin, että sydänperäisten sairauksien ja saasteiden väliset yhteydet olivat merkitseviä ainoastaan nuoremmissa ikäryhmässä, kun analyysissä olivat mukana kaikki iskeemiset sydänsairaudet kun taas ainoastaan vanhemmassa ikäryhmässä, kun tarkasteltiin erikseen angina pectorista sairastavia. Ikäryhmällä ei havaittu olevan vaikutusta silloin, kun kyseessä oli aivoverenkiertohäiriön aiheuttama sairaalahoitajakso.

Diagnooseittain tarkasteltaessa saasteella havaittiin olevan merkitsevä yhteys angina pectorikseen ja pitkittyneeseen angina pectorikseen (ICD 9 diagnoosit 413 ja 411). Typpidioksidipitoisuuden nousua seurasi kuuden päivän viiveellä angina pectoriksesta aiheutuvien hoitajaksojen merkitsevä lisääntyminen (RR 1.26, 95 % CI 1.01-1.57, P= 0.034). Vastaavasti todettiin pitkittyneen angina pectoriksen ja kohonneiden leijuvien hiukkasten pitoisuuden välillä yhteys kolmen päivän viiveellä (RR 1.20, 95 CI 1.05-1.38, P=0.008).

Lämpötilalla ja suhteellisella kosteudella ja rikkidioksidipitoisuuksilla ei todettu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta sairaalajaksojen määriin. Sen sijaan vuodenajalla oli merkitystä siten, että iskeemisten sydänsairauksien johdosta sairaalaan joutuneiden määrä oli suurempi keväisin (RR 1.09, 95 % CI 1.02-1.18; P=0.013). Aivoverenkiertohäiriöiden määrä oli matalampi kesällä kuin muina vuodenaikoina lämpötilasta riippumatta (RR 0.88, 95 % CI 0.79-0.97; P=0.013).

Umpisuolentulehduksen johdosta sairaalaan joutuneiden määrää käytettiin

kontrollina analyysissä. Sairaalahoitajaksoilla ei havaittu mitään yhteyttä saasteisiin tai vuodenaikaan.

POHDINTA

Useissa tutkimuksissa on havaittu yhteyksiä ilmansaasteiden pitoisuuksien ja päivittäisen tai viikottaisen kokonaiskuolleisuuden ja diagnoosispesifisen hengitystiesairauksista, sydänsairauksista ja aivoverenkierron sairauksista aiheutuvan kuolleisuuden välillä, vaikka kaikissa tutkimuksissa yhteyksiä ei ole voitu todeta ainakaan tilastollisesti merkitsevällä tasolla.

Joulukuussa 1952 Lontoossa epäsuotuisat sääolosuhteet ja hajautunut energiantuotanto johtivat tilanteeseen, jolloin rikkidioksidi ja hiukkaspitoisuudet (black smoke) saavuttivat noin 2000 ug/m³ pitoisuudet. Savusumuepisodin toisen viikon aikana kokonaiskuolleisuus lisääntyi 2.6-kertaiseksi (4,19). Kuolleisuus lisääntyi kaikissa ikäryhmissä, mutta erityisesti vanhuksilla ja toisaalta alle 1-vuoden ikäisillä. Suhteellisesti suurin kuolleisuuden lisäys havaittiin diagnoosiryhmissä keuhkoputkentulehdus ja keuhkonlaajentuma, tuberkuloosi, keuhkokuume, influenssa ja sydämen toiminnanvaja. Hengitystieinfektioiden määrä kuolemaan myötävaikuttavana tekijänä oli lisääntynyt selvästi. Onkin ilmeistä, että kuolleisuuden lisääntymistä aiheutti toisaalta kroonisten hengitystie- ja kroonisten sydän- ja verisuonisairauksien paheneminen joko suoran rasituksen lisääntymisen tai hengitystieinfektioiden lisääntymisen johdosta. Toisaalta infektiokuolleisuus lähinnä keuhkokuumeeseen lisääntyi todennäköisesti lähinnä niillä, joilla oli yleistilaa heikentävä sairaus.

Kvalitatiivisesti samanlaisia kuolleisuuden lisäyksiä on havaittu useissa Yhdysvalloissa tehdyissä tutkimuksissa. Philadelphiassa selvitettiin vuosina 1973-80 kuolleisuus niinä 5 prosenttina päivistä, jolloin ilman hiukkaspitoisuus oli matalin ja verrattiin sitä kuolleisuuteen päivänä, jolloin pitoisuudet olivat korkeimmat (6,10). Hiukkaspitoisuudet olivat 47 ja 141 ug/m³ näissä ryhmissä. Suhteellinen kuolemanriski korkeiden saastepitoisuuden päivinä oli 1.08 eli merkittävästi suurempi kuin matalien saastepitoisuuksien päivinä ($P < 0.0001$). Kuolleisuus hengitystie-elinten kroonisiin sairauksiin, keuhkokuumeeseen,

iskeemisiin sydänsairauksiin, aivoverenkiertosairauksiin ja keuhkosityöpään oli lisääntynyt. Tulokset muistuttavat täten kvalitatiivisesti Lontoossa havaittuja, vaikka hiukkaspitoisuudet olivat erittäin paljon matalammat. Merkittävin ero Lontoon episodiin verrattuna oli se, että nyt ei havaittu alle yksivuotiaiden lasten kuolleisuuden lisääntymistä. Vastaavia tutkimustuloksia on raportoitu myös muualta Yhdysvalloista (11,12,13,14).

Vaikka monet tutkimukset ovat selvittäneet päivittäisen kuolleisuuden ja saasteiden välistä yhteyttä, tunnetaan saasteiden ja vähemmän dramaattisten, pääsääntöisesti kuolemaan johtamattomien iskeemisten sydänsairauksien ja aivoverenkiertosairauksien väliset yhteydet huonosti. Wichmann ym.(8) tutkivat sairaalahoitoisuutta Ruhrin alueella vuonna 1985, kun savusumuepisodin aikana hiukkasten vuorokausimaksimipitoisuus oli 440 ug/m^3 rikkidioksidipitoisuus 620 ug/m^3 ja typpidioksidipitoisuus 170 ug/m^3 . Viikon savusumuepisodin aikana aivoverenkiertohäiriöiden, iskeemisten sydänsairauksien, sydämen rytmihäiriöiden ja kroonisen bronkiitin johdosta sairaalaan joutuneiden määrät lisääntyivät merkittävästi. Yhdysvalloissa Pensylvaniassa on havaittu korkeiden rikkidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien johtavan hengitys- ja sydänsairauksista aiheutuvien päivystyspoliikkikäyntien lisääntymiseen (20).

Mitkä saasteet sitten aiheuttavat suhteellisen matalissa pitoisuuksissa edellä kuvattuja terveyshaittoja. Merkittävin syy näyttää olevan polttoprosesseissa syntyvät hiukkaset riippumatta lähteestä, olipa se energiantuotanto, teollisuus tai liikenne. Rikkidioksidilla on oma hiukkasiin liittymätön erillinen vaikutuksensa joka on vähäisempi. NO_2 :n osuus tunnetaan riittämättömästi koska useimmissa tutkimuksissa riittäviä tietoja NO_2 -pitoisuuksista ei ole kuten ei myöskään otsonipitoisuuksista. Tennesseeessä on kuitenkin tehty yhden vuoden seurantatutkimus, jossa oli mahdollista seurata NO_2 :n ja O_3 :n ja päivittäisen kuolleisuuden välisiä yhteyksiä, kun päivittäiset NO_2 -tasot olivat $24\text{-}39 \text{ ug/m}^3$ ja korkeimmat 96 ug/m^3 ja otsoniarvot $23\text{-}45$ ja 128 ug/m^3 . Yhteyksiä kuolleisuuteen ei havaittu (21). Toisessa Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa todettiin päivittäisen kuolleisuuden ja autoliikenneperäisten saasteiden välillä yhteys.

Nyt tehdyssä tutkimuksissa havaittiin sairauksien oireiden pahenemisen olevan yhteydessä sekä typpimonoksidin että typpidioksidin, joiden ilmakeemialliset reaktiot ilmeisesti vaikeuttavat tulosten tulkintaa. Polttoprosesseissa typen oksidit vapautuvat pääasiassa typpimonoksidina joka sitten hapettuu typpidioksidiksi. Typpimonoksidia pidetään suhteellisen haitattomana terveydelle kun taas typpidioksidin tiedetään aiheuttavan muunmuassa hengitysteiden ärsytystä. Hengityskorkeudella mitattavat typenoksidit kuvastavat Helsingissä lähinnä liikenteen pakokaasupäästöjä. Rikkidioksidin, joka kuvastaa energiantuotannon päästöjä, ei havaittu provosoivan iskeemistä sydänsairautta tai aivoverenkiertosaireutta sairastavien oireita.

Yleensä epäpuhtauksien vaikutus sairastavuuteen ja kuolleisuuteen on nopea ja tapahtuu joko viiveettä tai 1-3 päivän viiveellä. Yleisimmin havaittu viive lienee kaksi päivää. Näin oli myös nyt tehdyssä tutkimuksessa, mutta toisaalta havaittiin toinen yhteyshuippu kuuden päivän viiveellä. On mahdollista, että ensimmäisen, välittömän yhteyden sairastavuuteen aiheuttaa saasteitten aiheuttama suora ärsytys ja stressi, joka kohdistuu hengitys- ja verenkiertoelimistöön ja toinen, viivästyneemmällä aikataululla aiheutuva vaikutus johtuu esimerkiksi sekundääri-infektiosta.

Tutkimuksemme tulokset osoittavat, että varsin matalat ilmansaasteipitoisuudet lisäävät merkittävästi iskeemisten sydänsairauksien ja aivoverenkiertohäiriöiden oireita kun mittarina käytetään sairaalahoitoisuutta. Vaikutus näkyy jo pitoisuuksissa, jotka selvästi alittavat nykyiset Suomen epäpuhtausenimmäisohjearvot samoin kuin Maailman Terveysjärjestön asettamat raja-arvot (22). Lisäksi tutkimuksemme osoittaa, että myös typenoksidit ovat yhteydessä näiden sairauksien oireiden pahenemiseen eikä yksinomaan hiukkaset yksin tai rikkidioksidin kanssa.

KIRJALLISUUTTA

1. Pönkä A. Asthma and low level air pollution in Helsinki. *Arch Environ Health* 1991;46:262-269.
2. Pönkä A. Absenteeism and respiratory disease among children and adults in Helsinki in relation to low-level air pollution and temperature. *Environ Res* 1990;52:34-36.
3. Pönkä A, Virtanen M. Chronic bronchitis and low level air pollution in Helsinki. *Environ Res*, painossa.
4. Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London. *Am J Epid* 1990;131:185-194.
5. Mortality and morbidity during the London fog of 1952. Her Majesty's Stationary Office, London. Report No 95 on Public Health and Medical Subjects. Ministry of Public Health, 1954.
6. Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days ? *Environ Res* 1994;64:26-35.
7. Steiger H, Brockhaus A. Studies on the connection between air pollution and mortality in the Ruhr area. *Die Naturwissenschaften*. 1966;53:498.
8. Wichmann HE, Mueller W, Allhoff P, Beckmann M, Bocter N, Csicsaky MJ, Jung M, Molik B, Schoeneberg G. Health effects during a smog episode in West Germany in 1985. *Environ Health Perspect* 1989;79:89-99.
9. Katsouyanni K, Karakatsani A, Messari I, Touloumi T, Hatzakis A, Kalandidi A, Trichopoulos D. Air pollution and cause specific mortality in Athens. *J Epidem Comm Health* 1990;44:321-324.
10. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with

daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:600-604.

11. Schwartz J. Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama. *Am J Epidemiol* 1993;137:1136-1147.
12. Pope CA, Schwartz J, Ransom MR. Daily mortality and PM₁₀ pollution in Utah Valley. *Arch Environ Health* 1992;47:211-217.
13. Fairley D. The relationship of daily mortality to suspended particulates in Santa Clara County, 1980-1986. *Env Health Perspect* 1990;89:159-168.
14. Kinney PL, Özkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. *Environ Res* 1991;54:99-120.
15. Malkki M. Typen oksidit pääkaupunkiseudun ilmassa 1986-VIII/1988. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1989:2.
16. McCullagh P, Nelder JA. *Generalized Linear Models*, 2nd ed. Chapman and Hall, London, 1989.
17. Breslow NE, Day NE. *Statistical methods in cancer research II. The design and analysis of cohort studies*. IARC, Lyon, France, 1982.
18. Schwartz J, Wypij D, Dockery D, Ware J, Zeger S, Spengler J, Ferris B Jr. Daily diaries of respiratory symptoms and air pollution: Methodological issues and results. *Environ Health Perspect* 1991;90:181-187.
19. Logan WPD. Mortality in the London fog incident, 1952. *Lancet* 1953;264:336-338.
20. Mazumdar S, Schimmel H, Higgins JTT. Relation of daily mortality to air pollution: An analysis of 14 London winters, 1958/59-1971/72. *Arch Environ Health* 1982;32:213-220.

21. Dockery DW, Schwartz J, Spengler JD. Air pollution and daily mortality: Association with particulates and acid aerosols. *Environ Res* 1992;59:362-373.
22. World Health Organization. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European series no 23, WHO, Copenhagen, 1987.

uusydan

HELSINGIN KAUPUNGIN
YMPÄRISTÖKESKUS
Sturenkatu 25
00510 HELSINKI

KUVAILELLEHTI

Tekijä(t) Antti Pönkä ja Mikko Virtanen			
Nimike Ilmansaasteet, iskeemiset sydänsairaudet ja aivoverenkierto- häiriöt Helsingissä			
Julkaisija	Julkaisuaika	Sivumäärä	Liitteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus	1994	23	
Sarjan nimike		Osanumero	
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja		12/94	
ISSN-numero 1235-9718	Kieli		
ISBN-numero 951-772-552-3	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot
	fin	fin, swe	fin, swe
Avainsanat ilmansaasteet, sydänsairaudet, aivoverenkiertohäiriöt			
UDK			
Lisätietoja: Antti Pönkä, Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristöterveysyksikkö Sturenkatu 25, 00510 Helsinki puh. 7099 2427			

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1994

1. Lasten sairastuvuus päiväkodeissa ja ryhmäperhepäiväkodeissa Helsingissä ja Mäntsälässä
2. Jauhelihan laatu Helsingissä vuosina 1990 - 1993
3. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelma vuosille 1994 - 98
4. Terveystuollon toimipisteiden jätehuolto
5. Review of the state of the environment in Helsinki
6. Helsingin ja Espoon merialueiden veloitettarkkailu vuonna 1993
7. Saastuneiden maa-alueiden kunnostusmenetelmät Helsingissä
8. Ääneneristävyys helsinkiläisissä kerrostaloissa
9. Miljövärden i Helsingfors stad
Målsättnings- och åtgärdsprogram för åren 1994 - 1998
10. Pohjaeläimistö ja pohjasedimentti Helsingin ja Espoon merialueilla vuonna 1991
11. Korujen nikkelpitoisuuden valvonta
12. Ilmansaasteet, iskeemiset sydänsairaudet ja aivoverenkiertohäiriöt Helsingissä

Julkaisujen tilaus:

ympäristökeskuksen tiedotus
Sturenkatu 25, 00510 HELSINKI
puh. 7099 2815, fax 7099 2842

ISSN 1235-9718

ISBN 951-772-552-3
